

IMPLANTAÇÃO DE SENSORES PARA COMPARAÇÃO DA TEMPERATURA DA ÁGUA EM DOIS SISTEMAS DE ESTOCAGEM DE ÁGUA PARA HIDROPONIA**MARCELO ANDERSON CARLET¹, CARLA ADRIANA PIZARRO SCHMIDT²,
PEDRO LUIZ DE PAULA FILHO³, LUCAS MARUJO⁴, JOSÉ AIRTON AZEVEDO
DOS SANTOS⁵, ANDRÉ SANDMANN⁶**¹ Mestrando em Sistema Computacionais para o Agronegócio, UTFPR, (45) 9 9974-7810 marcelocarlet@yahoo.com² Professora Agrônoma Doutora em Agronomia, UTFPR, (45) 3240-8000, carlaschmidt@utfpr.edu.br³ Professor Doutor em Informática, UTFPR, pedrol@utfpr.edu.br⁴ Mestrando em Sistema Computacionais para o Agronegócio, UTFPR, lucasmarujo@alunos.utfpr.edu.br⁵ Engenheiro Eletricista, Dr. Engenharia Elétrica, Professor da UTFPR, Medianeira-PR, airton@utfpr.edu.br⁶ Professor de Cálculo e Estatística; Doutor em Engenharia Agrícola, UTFPR, Medianeira-PR, sandmann_andre@hotmail.com

Apresentado no

XLIX Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2020

23 a 25 de novembro de 2020 - Congresso On-line

RESUMO: O objetivo do presente estudo foi o de acompanhar e comparar a temperatura da solução nutritiva usada no cultivo de alface hidropônica quando mantida em um galão sobre o solo e outro enterrado, avaliando a existência de diferença entre as temperaturas nesses sistemas. Para coleta dos dados de temperatura e umidade do ambiente da estufa e da temperatura da solução nutritiva foram implantados sensores, controlados por um Arduino, os pesos das plantas também foram avaliados. O experimento seguiu um delineamento inteiramente ao acaso e os dados foram analisados estatisticamente com auxílio do software Action. Por meio dos resultados da análise de variância e do teste de comparação de médias de Tukey observou-se que houve diferença significativa entre as temperaturas nos dois sistemas. Os pesos médios em gramas foram superiores e as temperaturas médias inferiores no sistema enterrado, indicando que a opção por enterrar o depósito de água para a hidroponia é uma boa opção.

PALAVRAS-CHAVE: Agricultura de precisão, Instrumentação, *Lactuca sativa*.

IMPLEMENTATION OF SENSORS TO COMPARE WATER TEMPERATURE IN TWO WATER STORAGE SYSTEMS FOR HYDROPONICS

ABSTRACT: The objective of the present study was to monitor and compare the temperature of the nutrient solution used in the cultivation of hydroponic lettuce when kept in one gallon on the ground and another buried, evaluating the existence of a difference between temperatures in these systems. To collect the temperature and humidity data of the greenhouse environment and the temperature of the nutrient solution, sensors were implanted, controlled by an Arduino, the plant weights were also evaluated. The experiment followed a completely randomized design and the data were analyzed statistically with the aid of the Action software. Through the results of the analysis of variance and the Tukey's means comparison test, it was observed that there was a significant difference between the temperatures in the two systems. The average weights in grams being higher and the average temperatures lower in the buried system, indicating that the option to bury the water tank for hydroponics is a good option.

KEYWORDS: Precision agriculture, Instrumentation, *Lactuca sativa*.

INTRODUÇÃO: Pearce (2014), explica que *hardwares* de código aberto facilitam muito a elaboração de instrumentos científicos personalizados com custo extremamente baixo e de alta qualidade, isso se deve à inovação e ao rápido desenvolvimento de ferramentas tais como Arduino, Raspberry, RepRaps e *softwares* baseado em Linux. A agricultura de precisão vem crescendo e a redução dos custos de implantação de sensores ou mesmo de redes de sensores, vêm possibilitando o emprego desses sistemas em experimentos e plantações comerciais, o que tem possibilitado o monitoramento dos mais diversos fatores de cultivo, em tempo real, ao longo de todo período de estudo (TZOUNIS et al., 2017). De acordo com Esmaeli e Roshandel (2020), para o cultivo de alface em casas de vegetação temperaturas entre 10 e 22°C seriam as mais favoráveis. Em relação a temperatura da solução nutritiva. Cometti et al. (2013), perceberam que o resfriamento da solução nutritiva com temperatura máxima de 26°C proporcionou aumento da produtividade da alface hidropônica. Os gastos com eletricidade para resfriar a solução nutritiva no Brasil, tendo em vista ser um país tropical, seriam elevados, desta forma, o objetivo do presente estudo foi a realização de uma comparação entre a temperatura da solução nutritiva utilizada para a hidroponia, quando estocada em um galão sobre o solo e outro enterrado, verificando a existência ou não de uma diferença significativa entre esses tratamentos, pois acredita-se que enterrando-se o galão a tendência seria de redução da temperatura média da solução o que possibilitaria um ambiente mais salutar às plantas.

MATERIAL E MÉTODOS: A coleta de dados experimentais aconteceu ao longo de todo o cultivo de alface hidropônica, entre outubro de 2019 e novembro de 2019, no município de Medianeira, em um ambiente protegido do tipo arco simples, com cobertura de filme transparente de polietileno com baixa densidade e 0,10 mm de espessura. As laterais foram protegidas com tela de 50% de sombreamento. Ribeiro et al (2007) em seu estudo sobre a influência do sombreamento sobre cultivo, concluiu que o uso dessas telas não influencia no crescimento das plantas, tornando o uso desse material opcional. O sistema utilizado para esse projeto foi o NFT (*Nutrient Film Technique*), com canais de cultivo com vazão de 1L/min de solução nutritiva com um total de 10 canaletas. Destas, 05 foram ligadas ao bombeamento de solução nutritiva proveniente de um galão exposto a temperatura ambiente e 05 de um galão idêntico, porém enterrado. A programação para acionamento das motobombas para irrigação das plantas foi de 1 minuto ligadas e 3 minutos desligadas, das 7h às 19h. Das 20h até 23h, as bombas ficam ligadas por 1 minuto e desligadas por 6 minutos. De madrugada, das 00h até às 6h da manhã, ficam ligadas por 1 minuto e desligadas por 21 minutos. A condução da solução nutritiva aconteceu por bombeamento, através de tubulação de policloreto de polivinila (PVC), dos reservatórios até a parte mais alta do canal de cultivo. Foram utilizados 2 galões com capacidade de 50 Lt cada para armazenamento da água contendo a solução nutritiva. A solução nutritiva utilizada foi elaborada de acordo com o indicado por Furlani et al. (1999). As análises estatísticas descritivas foram aplicadas para avaliação e acompanhamento do experimento que foi conduzido sob um delineamento inteiramente ao acaso. A análise de variância (ANOVA) e testes de comparação de médias foram utilizados para comparar os dois tratamentos (depósito de água na superfície e depósito de água enterrado), por meio dos dados de temperatura coletados e da produção em gramas das plantas de alface, foram analisados os pesos de 10 pés de alface de cada um dos dois diferentes tratamentos totalizando 20 plantas analisadas. O instrumento para coleta de dados climáticos foi um microcontrolador Arduino Uno. Essa placa de programação livre, foi utilizada para controlar os sensores e realizar a coleta de dados através de suas portas analógicas. Nessas portas, foram conectados dois sensores de temperatura: um à prova d'água (modelo DS18B20) e um outro de temperatura e umidade (modelo DHT11) – que possibilita medir a temperatura ambiente. Para auxiliar a análise estatística dos dados utilizou-se o software Action Stat pois foram coletados 9748 valores de temperatura em cada um dos sistemas em dados momentos equidistantes ao longo do cultivo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: De acordo com Esmaeli e Roshandel (2020), para o cultivo de alface em casas de vegetação as faixas de temperaturas entre 14 e 22°C de dia e 10 e 17°C de noite seriam as mais favoráveis. No período estudado, a temperatura local (ambiente interior da estufa) foi em média de 30°C com um mínimo de 19°C e máximo de 49°C, bem acima do preconizado pelos autores. A umidade relativa média foi de 28,8% com um mínimo de 11% e máximo de 81%. Na solução nutritiva estocada no galão que permaneceu sobre o solo, a temperatura mínima da solução nutritiva foi de 17°C e a máxima de 44°C com uma média de 25,70°C. Já no galão que ficou enterrado, as mínimas foram de 16°C e as máximas de 41°C e uma média de 24,95°C. A temperatura nos dois ambientes ficou acima do recomendado por Goto e Trivelli (1998), que informam que a faixa ideal de temperatura para cultivo da alface deveria estar entre 18°C e 23°C e por Cometti et al. (2013), que recomendam a faixa entre 24 e 29°C. Na Tabela 1 pode-se observar os resultados da análise de variância. Por meio do teste de comparação de médias de Tukey e pelo resultado do F calculado na anova bem superior o F crítico observou-se que existiu diferença significativa entre a temperatura nos dois tratamentos avaliados ao nível de 5% de confiabilidade.

TABELA 1. Resultados da análise de variância das temperaturas da solução nutritiva nos dois diferentes tratamentos.

Fonte da variação	SQ Soma de Quadrados	GL Graus de Liberdade	QM Quadrado Médio	Valor F	Valor-P	Valor de F crítico
Tratamentos	2704,998	1	2704,998	174,3937	1,2x10 ⁻³⁹	3,841936
Resíduo	302368,9	19494	15,51087			
Total	305073,9	19495				


Percebeu-se dessa forma que enterrar o galão foi capaz de reduzir a temperatura da solução nutritiva significativamente, e a redução da temperatura é recomendado por Cometti et al. (2013) para o aumento da produtividade dessas plantas o que nos leva a recomendar que os estoques da água para hidroponia sejam mantidos enterrados o que pode reduzir a temperatura da água e mesmo em casos de necessidade de maiores resfriamentos poderá poupar energia, pois a água estará em média 1°C abaixo da temperatura da água que estiver fora do solo. Com base no teste de comparação de média de Tukey, bem como nos resultados da ANOVA dos pesos em gramas dos 10 pés de alface comparados, para cada um dos tratamentos, não se pôde notar diferença entre os pesos médias das plantas cultivadas nos dois sistemas (Tabela 2), porém os valores da análise descritiva (Tabela 3) dos pesos ilustram o melhor rendimento das plantas cultivadas com a solução mantida enterrada. Já que manter o depósito de água enterrado não acarreta grandes custos é preferível que este seja mantido assim de acordo com esse estudo e com Cometti et al. (2013) que observaram que uma redução nas temperaturas médias é capaz de aumentar a produtividade das plantas. Também é interessante continuar os estudos pois em outras épocas os resultados encontrados podem ser diferentes.

TABELA 2. Resultados da análise de variância dos pesos em gramas das plantas de alface analisadas.

Fonte da variação	SQ Soma de Quadrados	GL Graus de Liberdade	QM Quadrado Médio	Valor F	Valor-P	Valor de F crítico
Tratamentos	1462,05	1	1462,05	0,497673	0,497673	4,413873
Resíduo	54932,5	18	3051,806			
Total	56394,55	19				

TABELA 3. Síntese dos valores da análise descritiva dos pesos em gramas dos pés de alface colhidos sob os dois diferentes sistemas de estocagem da solução nutritiva e imagem das plantas no sistema de produção.

Valores da Estatística Descritiva	Localização do Galão de Solução nutritiva	
	Sobre o solo	Enterrado
Mínimo	206	201
Média	279,6	296,7
Mediana	274,5	291,5
Máximo	378	406
Desvio Padrão da Média	17,28981717	17,64719052
Variância	2989,377778	3114,233333
Coeficiente de Variação	0,195547935	0,188086675



CONCLUSÕES: Enterrar o depósito de água que será utilizada para o cultivo hidropônico mostrou-se interessante tendo em vista que a temperatura da água ficou em média 1°C inferior ao outro sistema e foi estatisticamente diferente, isso possibilitaria ainda a redução de um possível gasto energético, caso fosse necessário o resfriamento da solução nutritiva em dias de calor excessivo, ressalta-se ainda que a massa em gramas das plantas cultivadas com a solução do galão mantido enterrado apresentou-se superior apesar de não ter sido significativamente diferentes da massa das plantas cultivadas com a solução nutritiva do galão mantido acima da superfície do solo.

REFERÊNCIAS:

- COMETTI, N. N. et al. Cooling and concentration of nutrient solution in hydroponic lettuce crop. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.31, p.287-292, 2013.
- ESMAELI, H.; ROSHANDEL, R. Optimal design for solar greenhouses based on climate conditions. **Renewable Energy**, [s.l.], v. 145, p.1255-1265, jan. 2020. Elsevier BV. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.renene.2019.06.090>. Acesso em: 09 mar. 2020.
- FURLANI, P.R.; SILVEIRA, L.C.P.; BOLONHEZI, D.; FAQUIN, V. **Cultivo hidropônico de plantas**. Campinas: Instituto Agrônômico, 1999. 5p. (Boletim técnico, 180).
- GOTO R.; TIVELLI S. W. A cultura da alface. In: Goto R & Tivelli. S.W. (Ed.). **Produção de hortaliças em ambiente protegido: condições subtropicais**. São Paulo, FUNEP. p.137-159, 1998.
- PEARCE, Joshua M. Chapter 7 - The Future of Open-Source Hardware and Science, In: Joshua M. Pearce, **Open-Source Lab**, Elsevier, 2014, p.255-263, ISBN 9780124104624, Disponível em: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-410462-4.00007-X>. Acesso em: 05 fev. 2020.
- RIBEIRO, M. C. C. et al. Influência do sombrite no desenvolvimento da alface em cultivo hidropônico. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável: Grupo Verde de Agricultura Alternativa (GVAA)**, Mossoró, v.2, n.2, p.69-72, dez. 2007. Disponível em: <<http://revista.gvaa.com.br>>. Acesso em: 03 nov. 2019.
- TZOUNIS, A. et al. Internet of Things in agriculture, recent advances and future challenges. **Biosystems Engineering**, [s.l.], v. 164, p.31-48, dez. 2017. Elsevier BV. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2017.09.007>. Acesso em: 19 nov. 2019.